

К. В. Штыков

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА УРАЛЕ В ПОРЕФОРМЕННЫЙ ПЕРИОД

Технический прогресс — явление многогранное, многоплановое, реализуемое в технических преимуществах новых машин и оборудования, экономической эффективности их применения и социальных последствиях развития производства. В связи с этим комплексный, системный подход к оценке техники предполагает использование технических, экономических и социальных показателей ее совершенствования, общих закономерностей развития отрасли. В данной статье ставится задача раскрыть эволюцию техники и технологии медеплавильного производства, рассмотреть предпосылки и этапы промышленного переворота в отрасли.

Медеплавильное производство в 1861–1917 гг. представляло собой большое комплексное хозяйство. Оно включало добычу руды и заготовку топлива, флюсов, перевозку их на предприятие, а также заводские строения, оборудование для плавки металла, систему сбыта готовой продукции. От каждого участка работы зависел конечный результат, а значит, и успех общего дела.

Уже с начала XVIII в. техника и технология медеплавильного производства стали предметом неослабного внимания специалистов горного заводского дела. Работы В.И. Геннина, М.В. Ломоносова, И. Шлаттера на протяжении длительного времени являлись настольными книгами и практическим руководством в деле совершенствования методов плавильного искусства. Эти исследования как в рукописных, так и в печатных вариантах использовались практически на всех медеплавильных заводах России¹. Книги «о горном искусстве и плавильной науке» привозились из академических книжных палат Москвы и Петербурга, выписывались из-за границы, переводились местными горными специалистами².

Работы И.Ф. Германа и Я.С. Ярцова открыли новый период в изучении техники и технологии³. А с появлением «Горного журнала» и местных изданий началась систематическая публикация материалов о проблемах горно-рудной и заводской техники. В центре внимания авторов находилось внедрение более эффективных методов в медеплавильной

промышленности, выявление лучших технологических процессов плавки, причины отставания от техники развитых западных стран. Ограничиваясь чисто практическими нуждами, авторы этих работ, естественно, не могли анализировать взаимообусловленные связи производительных сил и производственных отношений, но их научные и практические результаты должны быть высоко оценены, их работы в конечном итоге способствовали поступательному движению вперед⁴.

Дореволюционными историками единый цикл медеплавильного производства был разделен на основной и вспомогательный. К первому стали относить непосредственную плавку металла и получение готовой продукции, а ко второму — все остальные работы, даже чисто заводские: кузнечные, столярные, слесарные и т. п. Такое деление производства укоренилось и в работах советских исследователей. Нам кажется это необоснованным, так как упрощает вопрос изучения производительных сил и производственных отношений дореволюционной России, потому что, в связи с разделением производства, рабочие также делятся на основных и вспомогательных.

Комплексный, системный подход к изучению медеплавильной промышленности 1861–1917 гг. представляется нам единственно правильным. Именно подготовительные операции, т. е. вспомогательные работы, во все времена в большей степени беспокоили заводчиков: именно с ними были связаны главные причины уменьшения выплавки металла, остановки заводов, общего прогрессивного или замедленного движения вперед. На так называемых вспомогательных операциях работала подавляющая часть горно-заводского населения, медь плавилась только одна десятая часть людей от общего контингента заводских кадров.

В связи с вышесказанным встает вопрос об изучении техники и технологии медеплавильного производства на всех участках горных и заводских работ на протяжении длительного периода. Ведь технические изменения, улучшения, достижения предшествующих времен были предпосылками промышленного переворота, который, помимо технической стороны представлял собой «самую крутую ломку общественных отношений производства», привел к крушению феодальной и возникновению и укреплению капиталистической формации, постепенно переходящей в монополизм.

Необходимо восполнить пробел в изучении отмеченной проблемы в медеплавильной промышленности: рассмотреть эволюцию техники и технологии в этой отрасли хозяйства в период 1861–1917 гг., определить критерии и хронологические рамки завершения промышленного переворота. Попытаемся проследить эти вопросы начиная с середины XIX в., причем в поле зрения будет как заводское, так и горно-добывающее производство. Без взаимосвязи, на наш взгляд, вся проблема развития техни-

ки и промышленного переворота не получит законченного научного обобщения.

Строго говоря, получение металла — это не что иное, как последовательное обогащение руды с помощью разборки, промывки, обжига, многочисленных этапов плавки, очистки и т. д. Таким образом, перерабатывая руду, отделяя от нее породу и получая в конечном итоге чистый металл, нельзя обойтись без предварительных операций. Хорошо или плохо организованный предварительный этап ведет к успехам и неудачам непосредственного заводского производства, от него во многом зависит работа системы плавильных печей.

Медь принадлежит к малораспространенным металлам, ее содержание в земной коре составляет 0,01%. По геологическому характеру медные месторождения России делятся на девять групп (группировка отражает способы, которыми медь, первоначально рассеянная в расплавленной магме, дававшей различные горные породы, последовательно локализовалась в форме месторождений различных типов в сочетании с другими металлами)⁵.

В XVIII–XIX вв. в России было открыто около 13 тысяч месторождений меди. Но действительное обеспечение медной рудой определяется не только числом месторождений, но и разработкой определенных типов, процентным содержанием в них меди. В XVIII – начале XIX в. заводы работали на трех типах медных месторождений, а именно: медистые песчаники, контактово-метасоматические и колчеданные руды. Подавляющая часть заводов Урала и Сибири работала на рудах типа медистых песчаников, они содержали от 1 до 8% чистого металла. Правда, уже тогда для наиболее дальновидных руководителей горного производства было ясно, что наступит время, когда проблема обогащения руды на местах добычи станет необходимой. Уже в XVIII в. рассматривался вопрос о том, чтобы не возить и не плавить лишнего.

Во многих работах историков отмечается застой в технике металлургического производства. В основном повторяются неправильные суждения Д.А. Кашинцева о способах разработки руды, крайне низком уровне плавильной техники и т. д.⁶ Такой категоричный вывод не способствует конкретному анализу и изучению развития техники и технологии любого производства, тем более медеплавильного.

Уже в 1830–1850 гг. появились крупные практические и теоретические работы по обогащению руд. Представляется, что этот факт, особенно появление нового оборудования, может рассматриваться как один из критериев промышленного переворота в медеплавильной промышленности. Одновременно с поисками лучших методов плавки изучалась и технология подготовительных операций, а также возможность использования отработанных материалов.

В 60–70-х гг. XIX в. на Турьинских медных рудниках округа Богословских заводов был сделан ряд усовершенствований, повлиявших на повышение эффективности добычи руды. Прежде всего было опытным путем установлено, что использование динамита гораздо эффективнее при добыче. Если отрывы динамитом требовали 41 шпур на кубическую сажень, то при порохе их требовалось 158. Это обстоятельство принесло сбережение как во времени, так и в рабочих руках почти что наполовину, вследствие чего кубическая сажень, сработанная динамитом, обходилась вдвое дешевле сработанной порохом, несмотря на то, что пуд пороха стоил 17 рублей 53½ копейки, а динамита — 47 рублей. Кроме того, при употреблении динамита представлялась значительная выгода в кузнечной работе, при острении буров, удешевляя ее в три раза⁷.

Большим достижением в разработке рудников было появление здесь в начале XIX в. системы паровых машин. Первые паровые машины появились на Гумешевском руднике, а с 1820-х гг. они играли большую роль в откачке воды из шахт, подъеме руд на поверхность. Широкое употребление паровых машин на рудниках является закономерным явлением: других источников энергии не было. Устойчивая рудная база была только на двух заводах: Богословском и Выйском. Интересна их горная технология в начале 1880-х гг.

На Богословском руднике руду, породу, материалы и людей поднимали в клетях с помощью паровой машины мощностью 60 лошадиных сил. Водоотлив осуществляли подвесными насосами с наружными штангами, приводимыми в действие 100-сильной одноцилиндровой паровой машиной. На Башмаковском руднике руды поднимали в бадьях конным воротом, впоследствии замененным 12-сильной паровой машиной. Водоотлив осуществлялся насосами с приводом от паровой машины мощностью 80 лошадиных сил. Компрессоры приводились в действие паровой машиной мощностью 35 лошадиных сил. На Меднорудянском руднике Выйского завода, самом крупном месторождении на Урале, руду и пустую породу выдавали в бадьях емкостью 20–25 пудов при конном вороте и 50–70 пудов — при паровой машине. Воду отливали насосами, установленными на трех шахтах. Насосы приводились в действие паровыми машинами, одна из которых была изготовлена на Нижнетагильском заводе⁸. Таким образом, к концу XIX в. применение паровых машин на рудниках Урала было уже достаточно распространено.

В заводском производстве положение было несколько иным: водяная сила здесь долго господствовала как главное звено энергетического хозяйства. Вот некоторые примеры. В 1863 г. на Выйском заводе было три «движущих машин», два водяных колеса и одна паровая машина⁹. На Верх-Исетском заводе было 30 водяных колес и 4 паровые машины¹⁰.

На Воскресенском – 6 водяных колес, 1 паровая машина¹¹. На Верхотурском заводе было только 7 водяных колес¹².

К началу XX в. положение несколько изменилось, но полностью от вододействующих колес не отказались. Так, в 1901 г. вододействующие колеса сохранялись на Верхотурском, Катав-Ивановском, Воскресенском и других заводах¹³. В 1908 г. на Нижнетагильском заводе было 5 вододействующих и 4 паровых машин, а на Выйском — 1 вододействующая и 4 паровых машины¹⁴. На Богословском, Катав-Ивановском и Верхотурском по одной вододействующей машине¹⁵.

Процесс получения металла представляется тремя следующими операциями: плавка шихты (смесь руды с флюсами) в печах, в результате этой операции получается «роштейн», «штейн» — сплав меди с большим количеством серы и других металлов; обжиг «роштейна» — в итоге этой операции выжигалась сера и получалась черная медь, не отделенная от железа и других металлов; плавка черной меди в разделительных, или «гармахерских», печах, в результате чего получался «гаркупфер» — почти чистая медь, а при повторной очистке — красная высококачественная медь¹⁶. Таким образом весь процесс изготовления металла представлял собой последовательное чередование обжига и переплавки, поэтому успех зависел от многочисленных факторов, главным из которых было состояние воздухоудного оборудования и энергетического хозяйства заводов. В такой последовательности мы и рассмотрим техническое и технологическое состояние медеплавильных заводов России в пореформенный период, которое практически не изменилось с XVIII в.

В изучаемый период существовало весьма много способов получения меди из руд. Каждый завод вырабатывал свой, почти ему одному свойственный метод работы, приспособляясь к химическим и физическим свойствам руд — их богатству содержания металла, количеству серы, железа и прочего в рудах и, наконец, к свойствам горючего. Однако все эти способы можно объединить в три категории.

Обработка охристых руд. Это так называемая пермская медная плавка. Плавка эта исключительна для наших уральских заводов, и ее лучшими представителями были казенный Юговской и Воскресенский заводы.

Обработка сернистых руд. Плавка этих руд была весьма обширна и разнообразна. По своим особенностям работы плавка этих руд подразделялась на отличные друг от друга способы.

1. Плавка сернистых руд в шахтных печах. Это так называемая немецкая медная плавка. Здесь как плавка руд, так и получение меди производились в шахтных печах. Только очищение и переплавка меди осуществлялись в отражательных печах или на горнах. Лучшими в этой ка-

тегории плавки были Тагильские заводы и заводы Кавказа. Из зарубежных – заводы Швеции, Италии и Верхнего Гарца.

2. Плавка сернистых руд в отражательных печах, или валлийская медная плавка. Свойственна исключительно для заводов Англии.

3. Смешанная плавка сернистых руд, или Богословская медная плавка. Она представляла смешение немецкого и валлийского методов. Проплавка руд в этой операции шла в шахтных печах, получение же меди из продуктов рудной плавки (штейнов) происходила в отражательных печах. Лучшим в способе этой плавки был Богословский завод.

Обработка медных руд мокрым путем. Этот метод долгое время не выходил за пределы лабораторных опытов. Это способ сначала стал применяться на многих иностранных заводах, а в России — на Воскресенском заводе Урала. Этот способ имеет две разновидности:

1. Обработка мокрым путем окислых руд без предварительной подготовки.

2. Обработка мокрым путем медных сернистых руд.

В последнем случае требовалась некоторая подготовка руд, прежде чем они поступят в обработку мокрым путем¹⁷.

В первой половине XIX в. на уральских заводах наблюдалось большое разнообразие конструкций плавильных печей, причем тенденция времени выражалась в появлении шахт с эллиптическим сечением. К 1860 г. здесь насчитывалось до десяти видов плавильных печей. Только по сечению они делились на эллиптические, трапецеидальные, прямоугольные, круглые, конические.

Когда к 1860-м гг. на Выйском заводе было построено 8 шестнадцатифурменных печей, они смогли заменить 58 прежних малых эллиптических. В доношении отмечалось, что эти восемь печей «по своему устройству могут более действовать без поправки и без остановки, не увеличится потребность в угле и лесе, они более усовершенствованные, более выгодные не только для заводов, но и казны»¹⁸. И вот здесь интересы казны вошли в явное противоречие с техническим прогрессом: в соответствии с законами казна получала с каждой медеплавильной печи три рубля подати, с 58 печей ей «причиталось» ежегодно 174 рубля, с вводом же 8 высококорпусных печей доход этот должен был составить только 24 рубля. Убыток исчислялся в 150 рублей! Переписка «об убытках казны» растянулась на два года, прежде чем Горный департамент признал выгоду для государства от нововведений.

Но остановить прогресс уже было невозможно. Отмена крепостного права открыла перед промышленностью широкие горизонты.

В 1861 г. была построена многофурменная печь системы «Рашета». Обычно две печи строились в одном корпусе с одной трубкой. В шихту для плавки поступали: купферштейн, содержащий 30–40% меди, шлаки

от переплавки черной меди, шплейзофенная пыль до 50% меди, шлаки от переплавки черной меди на шплейзофенную до 70% меди, шлаки штыкового горна до 52% меди и набойка шплейзофенных печей. Набойка выламывалась после трех плавок на шплейзофенную медь и после четырех — на черную. Плавка купферштейна на черную медь включала два периода: в первом купферштейн подвергали сильному окислению; во втором периоде очистку штейна называли «копчением»: через каждые 3 часа, при непрерывном дутье печь охлаждали до загустевания обогащенного штейна (темно-красный цвет, сверху застывшая корка шлаков). Из шплейзофенной печи получали продукт с содержанием до 96% меди и богатые шлаки.

Переплавка черной меди на шплейзофенную проводилась в шплейзофенных печах и предусматривала окончательное очищение меди. По расплавлению черной меди в печи с нее снимали грязные шлаки, «усиливали жар» и давали дутье. Через четыре часа слегка охлаждали, сгущенные шлаки очищали и брали пробу. Готовую медь разливали в приямки.

Шплейзофенная медь содержала 99% меди, но не была пригодной дляковки, так как в ней имелось некоторое количество закиси меди. Перечистку шплейзофенной меди вели в штыковом горне¹⁹. Затем шел процесс рафинирования, имеющий два вида:

- 1) электролитический — при помощи тока;
- 2) английский — в отжигательных печах.

Несмотря на эти преимущества, электролитическое рафинирование меди, известное уже с 1866 г., у нас в России нашло мало применения по причине своей дороговизны. Медь, очищенная этим способом, дороже, и поэтому она применяется только при соответственном процентном содержании драгоценных металлов, обеспечивающих успех электролиза²⁰.

Однако в начале XX в. резкий подъем цен вызвал расширение производительности старых заводов и даже постройку новых. В 1905–1907 гг. усилился спрос на электролитную медь, производство которой в России было незначительно, не более 820 тонн в год. Большую часть электролитной меди ввозили из-за границы. Излишки красной меди (около 1,8 тысяч тонн) пришлось продавать за границу по более низким ценам, чем на внутреннем рынке.

Возникла острая необходимость развивать электролиз меди в России. Первый электролитный завод был построен в 1883 г. на Алтае, но был убыточным, и вскоре его пришлось закрыть. Электролитическое рафинирование меди было также организовано на Келакентском заводе Сименса и просуществовало около 10 лет. В конце XIX в. на Богословском заводе впервые на Урале было осуществлено электролитическое рафинирование меди в небольших объемах. В 1897 г. в Петербурге на заводе Розенкранца методом электролиза изготавливали медные трубы, в 1903 г. здесь же был

построен первый электролитный цех, а позднее и второй. В 1901 г. на Урале построили самый крупный в России Нижнекыштымский медеэлектролитный завод²¹.

Электролитический способ более всего годился для обработки бедных кремнистых руд в районах, где нет хорошего горючего материала. Этот метод широко использовался в Киргизской степи Западной Сибири, где все условия говорили за применение именно электролитического процесса, так как здесь природой были сгруппированы: бедные окисленные руды — для извлечения меди, плохой бурый уголь — для отопления, свинцовые руды — для получения анодного свинца и серный колчедан — для выработки серной кислоты. Для выгодной эксплуатации всех этих горных богатств не доставало только дешевого пути сообщения, т. е. железной дороги²².

Более распространенным у нас был английский способ рафинирования. Очистка этим сухим способом состоит из двух периодов: 1) окислительного, во время которого примеси, окисляясь, переходят в шлак или же улетучиваются; 2) восстановительного — для превращения образовавшейся во время первого периода закиси меди в металлическую медь. Операции эти повторяются до тех пор, пока медь не приобретает соответствующую мягкость, тягучесть и плотность²³.

Вернемся к описанию печи Рашета. Операцию рафинирования здесь начинали с загрузки угля на дно садки шплейзофенной меди. Расплавление меди длилось 8 часов. В этот период медь, примеси окислялись и переходили в шлаки, которые снимали. Затем медь подвергали непрерывному «дразнению»: на расплавленную поверхность забрасывали древесный уголь и подвергали медь легкому «дразнению». При готовности медь выпускали в чугунные изложницы. Из 250 пудов шплейзофенной меди получали 225 пудов штыковой и 25 пудов шлаков.

В течение XIX в. технология плавки несколько раз видоизменялась. Русские инженеры внимательно следили за развитием передовой мысли и старались внедрить все новое на отечественных предприятиях. Так, значительно раньше, чем за рубежом, русские инженеры пытались внедрить конвертирование меди. Изобретенный в 1856 г. английским металлургом Г. Бессемером новый способ получения стали путем продувки воздухом расплавленного чугуна быстро распространился в промышленности во всех странах.

Десять лет спустя русский инженер В.А. Семенников, работавший на Богословском медеплавильном заводе, решил получить медь из штейна методом бессемерования. Вскоре его опыт повторили медные инженеры А. Иосса и Н. Лалетин. Однако черновой меди им сразу получить не удалось. Опыты проводили в конвертерах для чугуна с фурмами, расположенными снизу. У них во второй период конвертирования при перера-

ботке белого металла более тяжелая медь опускалась на дно конвертера и, встретившись с холодным воздухом, закупоривала фурмы. А. Иосса и Н. Лалетин решили, что не стоит дожидаться второго периода, и обогащенный штейн сливали из конвертера.

Немного позднее их опыты более успешно продолжил инженер А.А. Ауэрбах, выпускник Петербургского горного института (1863 г.), защитивший диссертацию и получивший звание адъюнкта. В 1880 г. на Богословском заводе под его руководством был успешно осуществлен процесс конвертирования медного штейна в конвертере собственной оригинальной конструкции по методу русского инженера В.А. Семенникова. Попытки применения бессемерования медного штейна в других странах в то время не дали успешных результатов. В США только в 1890 г. были установлены первые медеплавильные конвертеры²⁴.

В конце 1890-х гг. Богословский завод располагал семью шахтными печами квадратного сечения с пятью фурмами, одной 9-фурменной круглой печью производительностью 1500 пудов в сутки, двумя отражательными печами, четырьмя ретортами Ауэрбаха с 19 фурмами, водяной турбиной, водяными колесами, паровыми машинами, компрессорами и т. д. Полученный при плавке в шахтной печи купферштейн подвергали двукратному бессемерованию в ретортах системы Ауэрбаха: первый раз на меди был штейн (70% меди) и второй раз на белый штейн (70% меди) и на черную медь (98% меди). Черную медь рафинировали в отражательной печи. При последней реконструкции построены ватержакетные печи для полупиритной плавки руды.

Другой крупный завод в России в конце XIX в., Выйский, на рубеже XIX и XX вв. располагал 24 круглыми шахтными печами. Воздух подавали с помощью одной воздуходувной машины с четырьмя вентиляторами «Акме» мощностью 80 лошадиных сил, производительностью 1600 кубических футов сжатого воздуха в минуту. Вентиляторы воздуходувной машины приводились в действие паровой машиной «Шихау».

Для обжига штейна использовали две специальные и пять шахтных печей, приспособленных для этих целей. Специальные обжиговые печи имели прямоугольное сечение и высоту шахты в 12 футов. Каждая печь обжигала до тысячи пудов штейна в сутки. Для плавки обожженного штейна имелись печи трапецидального профиля с закругленными углами и вертикальными размерами, как у плавильных печей. Каждая печь в сутки проплавляла до 100 пудов штейна. Остальные шлаки содержали 0,4% меди. Плавка велась на смеси луневского каменного угля (5 частей) и луневского промытого кокса (1 часть). Иногда употреблялся донецкий кокс.

Печи для купферштейна проплавляли в сутки 1 250 пудов шихты. Черная медь содержала до 93% меди. Рафинирование проводили в реку-

перативной отражательной печи, отапливаемой генераторным газом. Разливали медь в чугунные изложницы. Известно, что бессемеровские конвертеры использовались на Катав-Ивановском заводе Уфимского горного округа²⁵.

Если на крупных заводах проводилась модернизация металлургических агрегатов, устанавливалось новое оборудование (паровые машины, вентиляторы, водяные турбины, компрессоры), то на мелких заводах, плавивших медистые песчаники, в XIX в. работали на оборудовании и по технологии XVIII в.²⁶

Таким образом, приведенный материал дает нам возможность высоко оценить развитие плавильной техники в изучаемый период. Нельзя согласиться с мнением многочисленных дореволюционных исследователей, которых часто цитируют и современные историки, о крайне примитивных способах плавки, застое в способах получения металла, несовершенном состоянии медеплавильных печей. На изучение этих вопросов постоянно была направлена творческая мысль передовых русских инженеров. Введение бессемерования меди и внедрение отражательных печей явилось, на наш взгляд, завершением технического переустройства плавильного процесса в медеплавильной промышленности России. Произошло это после отмены крепостного права.

Параллельно с усовершенствованием плавильных печей, происходили и изменения в дутье. В течение XIX в. можно отметить следующие изменения: 1830-е гг. — появление ртутного духометра; 1850–1860-е гг. — строительство воздуходувных машин с горизонтальной установкой цилиндров, в начале 1870-х гг. на Воскресенском заводе была построена воздуходувка с применением тепла шахтных печей.

Первые опыты и практическое применение горячего дутья началось только в конце 50-х гг. XIX в., но медеплавильная промышленность России ранее черной металлургии перешла на этот прогрессивный способ²⁷. А с 1870-х гг. на заводах стали применяться вентиляторы Беккера, устанавливаться водяные турбины, а также компрессоры и регенераторы. Таким образом, с развитием машинной техники совершенствовалось воздуходувное оборудование, причем особо следует еще раз выделить замену холодного дутья горячим²⁸.

Немаловажное значение в плавильной операции имела и топливная база. Не останавливаясь подробно на этом вопросе²⁹, отметим лишь, что на протяжении почти всего исследуемого периода медеплавильная промышленность пользовалась древесным углем. Оскудение лесов было немаловажной причиной замедленного развития промышленности. Кроме того, как отмечали заводчики, «переугливание леса представляет дремлющую без всякого движения уже много лет методу, от того уголь большей частью получается дурного качества»³⁰.

И только с 30–50-х гг. XIX в. начались коренные изменения в деле углежжения, что было связано с проведением опытов и внедрением в производство так называемого французского, тирольского, способа, а также способа получения угля, разработанного известным российским лесоводом И.И. Шульцем³¹. Кроме того, в 40–50-х гг. началась и постепенная замена древесного угля минеральным топливом. Это практиковалось главным образом на медеплавильных заводах Казахстана, в незначительных количествах — на Урале.

Таким образом, изменения в дутье и совершенствование топливной базы способствовали развитию медеплавильного производства. Но коренные изменения произошли все-таки только в пореформенное время, одновременно с коренными изменениями в плавильном деле.

Энергетическое хозяйство медеплавильной промышленности страны развивалось более медленными темпами. Водяное колесо являлось двигателем феодальной эпохи. Только с началом использования механизма машин можно говорить о промышленном перевороте в отраслях промышленности. Именно внедрение паровых машин являлось одним из главных критериев промышленного переворота.

Только с середины 30-х гг. XIX в. можно уже говорить о систематическом внедрении паровой техники на крупных, экономически сильных заводах. Лидерами здесь были предприятия Нижнетагильского горного округа, где к 1840 г. действовало уже девять паровых машин. Ко времени отмены крепостного права небольшие по мощности паровые машины были на Воскресенском, Юговском, Выйском заводах Урала. Однако водяное колесо все-таки господствовало в медеплавильной промышленности страны.

Только к началу 90-х гг. XIX в. паровая техника победила во всех регионах этой отрасли хозяйства и вместе с водяными турбинами заняла ведущее положение в энергетическом хозяйстве заводов. Нужно особо подчеркнуть, что на Урале передовые предприятия Богословского и Нижнетагильского горных округов к отмеченному периоду почти полностью перешли на паровые двигатели.

После завершения промышленного переворота в медеплавильной промышленности к 1890-м гг. в технике и технологии медеплавильного производства продолжался дальнейший бурный рост.

Летом 1904 гг. была построена, как опытная, большая 25-фурменная печь, напоминающая рашетовскую, но с прямоугольным поперечным сечением и вертикальными стенками шахты и лещадью, наклоненною к одной из узких стенок печи. Внутренние размеры шахты: длина — 11 футов 8 дюймов, ширина — 3 фута 6 дюймов и высота — 14 футов. Фурмы расположены в обеих длинных стенках шахты по наклонным ли-

ниям, параллельным лещадям: с одной стороны 12 фурм, а с другой — 13, т. е. фурмы расположены были в шахматном порядке.

Завалка шихты должна была производиться с помощью особого засыпного прибора. Эта печь обладала высокой производительностью: за один выпуск 100–120 пудов купферштейна³².

На Богословском заводе в 1905–1906 гг. был реконструирован металлургический цех. Шахтные печи Пильца заменили небольшими ватержакетными печами, позволяющими перейти на полупиритную плавку без обжига турьинских руд. В качестве топлива использовали кокс. Благодаря реконструкции производство меди в 1908 г. возросло до 4 593 тонн — рекордного объема за весь период существования завода³³.

В 1907 г. было возобновлено производство меди в Сысертском горном округе: на старом Гумешевском руднике был построен гидрометаллургический завод для переработки отвалных руд, накопившихся здесь за 150 лет работы рудника и содержащих в среднем 0,8% меди. Этот завод при наличии дешевой серной кислоты, производство которой было организовано на рудах Зюзельского рудника, работал успешно и рентабельно. Отвальная руда перерабатывалась агитационным сернокислотным выщелачиванием с последующим извлечением меди из растворов цементацией. Извлечение меди из руды при выщелачивании составляло 58%, а из растворов 97%. Завод работал только в летнее время и давал до 40 тонн осадка с содержанием 60–75% меди. Расход серной кислоты был высоким — 8,1 тонны на тонну цементной меди. Поступающая из отвалов руда дробилась в щековой дробилке и измельчалась бегунами. Осаждение меди из раствора производилось на гранулированном чугуна. За двенадцать лет завод переработал все старые отвалы.

В 1908 г. на Полевском медеплавильном заводе были построены двадцатифурменная ватержакетная печь, десятитонная рафинировочная печь и два двенадцатитонных конвертера. Завод перерабатывал руду с Зюзельского рудника и плавил цементную медь, получаемую с Гумешевского гидрометаллургического завода³⁴.

Во втором пятилетии XX в. усиленными темпами шло строительство Карабашского завода. Профессор Н.П. Асеев писал: «...Приехал в 1911 году во второй раз в Кыштым... я был прямо поражен, увидев, с каким чисто американским размахом выполнены все планы и предложения... Так, на Карабаше был построен новый медеплавильный завод с двумя огромными ватержакетами, проплавливавшими по 25–30 тысяч пудов руды в сутки. Полученный штейн перерабатывали на черновую медь в двухтонных конвертерах... Затем в Нижнекыштымском округе был построен самый большой в России электролитический завод с производительностью около тысячи пудов меди ежедневно, причем эту производительность предполагали почти удвоить с установкой новых динамо-

машин. Наконец, в самые последние дни в Верхнем Кыштыме была построена регенеративная печь Сименса длиной 145 фут... для переплавки рудной мелочи и колошниковой пыли, чем удачно решен вопрос об экономической переработке этих материалов... Между заводами и рудниками была построена железная дорога с большим подвижным составом, рассчитанная на 10 млн грузов. На самих заводах применялись электровазны, паровозы, электрические краны, пневматические подъемники и т. п.»³⁵.

Самым крупным из этих заводов оставался Карабашский завод. А.Д. Брейтарман в то время писал: «С пуском Карабашского завода связана эпоха оживления медной промышленности на Урале и применения новых методов металлургической практики. Поэтому в истории металлургии Карабашский завод займет почетное место реформатора уральского медного производства»³⁶.

Владельцы Карабашского завода получали 100% прибыли. При выплавке в 1913 г. 8,8 тыс. тонн меди прибыль составила 4,7 миллиона рублей³⁷. В 1914–1917 гг. оборудование этого завода включало три ватержакета, шесть обжиговых печей Мак-Дугля, регенеративную отражательную печь и три горизонтальных 40-тонных конвертера.

Шихта содержала 75% руды, 15% кварца, 5% известняка, 5% оборотных продуктов. Выход продуктов плавки (%): 6,5 — штейна, 86,0 — шлака, 5,9 — пыли от массы проплавляемой шихты. Содержание меди в продуктах плавки (%): 26,3 — в штейне, 0,43 — в шлаке, 2,79 — в пыли. Извлечение меди в черновую составляло 68,6%, в пыль — 7,01%, в прочие полупродукты — 46%. Общее извлечение достигало 76,05%.

В отражательной печи за 220 суток проплавлялось 37 тысяч тонн шихты. В конвертеры направлялись только богатые штейны с содержанием 20–25% меди. Бедные штейны рудной плавки сливали на пол и затем холодными загружали в концентрационную плавку в малой шахтной печи³⁸.

В третьем пятилетии XX века в России начали расти города, наметился подъем в промышленности, все больше электричества стало требоваться на заводах и в городском хозяйстве, и резко возросло потребление меди: с 21,1 тысячи тонн в 1909 г. до 39,8 тысяч тонн в 1913 г.

В этот период на Урале было построено два новых завода — Калатинский и Таналык-Баймакский в Башкирии. Калатинское месторождение, открытое еще в конце XVIII в., длительное время разрабатывалось как серно-колчеданное, хотя и было известно, что добываемые руды содержат по 2% меди. В 80-х гг. XIX столетия из этих руд «топили» серу. С 1890 г. здесь действовала цементационная установка по извлечению меди из рудничных вод. Цементная медь первоначально плавилась в спе-

циально построенной рафинировочной печи, а в последующем стала выплавляться на Пышминско-Ключевском заводе.

На колчеданных рудах успешно работал Карабашский завод, что и послужило основанием для постройки и пуска в 1914 г. Калатинского завода. Его оборудование состояло из ватержакетной печи, двух шестнадцатитонных конвертеров и рафинировочной печи³⁹. На построенном Калатинском медеплавильном заводе была принята передовая по тем временам технология плавки колчеданных руд.

В районе Баймака в Башкирии в начале XX в. было открыто несколько медных месторождений. В результате интенсивных геологоразведочных работ были уточнены запасы этих месторождений и открыты новые со значительным содержанием меди, золота и серебра.

На базе этих месторождений, около села Баймак на реке Таналык, построили небольшой медеплавильный завод, оборудованный одной ватержакетной печью и одним конвертером. Завод был введен в эксплуатацию в конце 1913 г. и окончательно достроен в 1914 г. Черновую медь рафинировали в Кыштыме, она имела высокое содержание золота и серебра: в среднем в пуде черновой меди стоимость благородных металлов составляла 17,5 рублей⁴⁰.

После Кыштымского завода вторым по производительности на Урале и вообще в России был Богословский завод, который в 1912 г. выплавил 261 131 пуд меди. Богословский завод был также превосходно оборудован, хотя, как и на Кыштымском (Карабашском), местные условия здесь также были принесены в жертву стремлению идти путями, выработанными за границей, главным образом в Америке. Таким образом, завод, вместо того чтобы пользоваться дешевым древесным горючим, которое находилось в избытке в заводском округе и прилегающей к нему Вагранской казенной даче, или работать на каменном угле, недавно открытом в округе, поставлял из Донецкого бассейна кокс, чтобы местная руда подвергалась пиритной плавке.

Однако самым главным вопросом в Богословском округе был рудный вопрос, как и для всех округов, в которых добыча руд производилась не в централизованном руднике, а в многочисленных отдельных шахтах, обладающих небольшой производительностью. Знатоки горного дела видели решение этого вопроса в 1913 г. в обработке крупных запасов имеющихся в округе руд меньшего процентного содержания⁴¹.

Поиски новых месторождений контактово-метасоматического типа в этом районе не дали положительных результатов. Одновременно широко развернулась разведка колчеданных руд по всему Уралу. Наиболее удачными разведочные работы оказались в Гороблагодатском горном округе, где около Андреевского и Спасо-Серноколчеданного рудников были от-

крыты крупные медно-колчеданные месторождения — Нововелинская и Компанейское.

С 1913 г. выплавка меди на Выйском заводе стала резко сокращаться. В 1916 г., выплавив 461 тонну меди, завод был закрыт⁴².

Кроме перечисленных производителей меди, сильно развивалось медное дело в Полевском заводе Сысертского округа (в 1912 г. — 95 450 пудов). Руда того же характера, что и в Кыштымском округе, только богаче медью. Работа велась в ватержакетах с дальнейшим обжигом штейна на колосниках, который повторялся дважды до рафинирования. Пыль, получающаяся из ватержакетов, и при добыче спекалась до поступления в ватержакет также на колосниках.

К 1915 г. все уральские медеплавильные заводы перешли на пиритную и полупиритную плавки, отказавшись от обжига медных руд. Это позволило повысить производительность заводов и значительно улучшить технико-экономические показатели⁴³.

Однако в этом была и отрицательная сторона. Находясь в центре лесистой местности, в которой леса представляют одно из самых крупных ее богатств, уральские медные заводы плавил свои руды в ватержакетах и выбрасывали на воздух колоссальные количества дыма, истребляющие прилегающие леса и превращающие в пустыню окрестности заводов. По подсчетам одного горного специалиста, стоимость производства меди даже бы сократилась, если принять во внимание возможность использования дешевого древесного топлива в современных гигантских отражательных печах, причем после обжига колчеданов в механических обжигательных печах из отражательных печей штейн получался бы намного богаче, нежели обычный, получающийся из рудной плавки в ватержакетах⁴⁴.

Еще в 1913 г. для Урала предсказывали пышное развитие медной промышленности, а с проведением ряда новых железных дорог, изыскания которых уже были намечены, промышленность на Урале, и в частности медное дело, оказалась бы в еще более выгодных условиях.

Однако начиная с 1916 г. выплавка меди в России и на Урале начинает падать и прекращается в начале 1918 г. Сократились запасы на действующих рудниках — Турьинских, Меднорудянском и отчасти Зюзельском и Пышминском. Одни месторождения оказались отработанными (Меднорудянское), на других отставали горно-капитальные и подготовительные работы, слабой была разведка. Снижение выплавки меди на Полевском заводе последовало после прекращения работы гидрометаллургической установки на Гумешевском руднике из-за реквизиции серной кислоты для военных нужд.

Много средств было затрачено на добычу серного колчедана, необходимого для серной кислоты, потребность в которой во время Первой

мировой войны увеличилась в несколько раз. Расстройство железнодорожного транспорта, затруднявшее доставку топлива на заводы, политика цен на медь, саботаж владельцев заводов после Октябрьской революции — все это подорвало производство меди на Урале.

Таким образом, рассмотрев комплекс проблем, связанных с усовершенствованием конструкций медеплавильных печей, улучшением качества и способов плавки, мероприятиями по обработке «убогих руд» и использованию отвалов, обогащением руды, с поиском новых видов топлива, изменениями в дутье, применением горячего дутья, внедрением самодувных печей, приходом им на смену отражательных печей, введением бессемерования меди, широким использованием паровой техники, можно с уверенностью сказать, что магистральной линией в технике и технологии медеплавильного производства была ориентация на интенсификацию производства, стремление к достижению непрерывности протекания химической реакции, экономии материалов, обеспечению независимости предприятий от природных условий.

Совокупность технических критериев, выдвинутых современными историками по проблеме промышленного переворота в черной металлургии, полностью присутствует и в медеплавильной промышленности России. Исходя из этого, начало промышленного переворота в этой отрасли хозяйства страны, как и в черной металлургии, следует отнести к 50-м гг. XIX в., а его завершение — к 90-м гг. XIX в.

В начале XX в. медеплавильная промышленность развивалась еще более быстрыми темпами. Использование электролитического способа обработки руд, применение пиритной плавки, использование новых конструкций печей и особенно начало использования электрического оборудования на заводах — все это говорит о высоком уровне развития техники и технологии. Однако было и немало проблем, препятствующих нормальному развитию медеплавильной промышленности: крайне неразвитая сеть железнодорожного транспорта, активное вмешательство экономической политики в эту отрасль, а именно ценовая политика, истощение рудной базы. Первая мировая война и события Октябрьской революции стали огромным потрясением для промышленности всей страны, в том числе и медеплавильной промышленности.

¹ См., например: *Геннин В.И.* Описание уральских и сибирских заводов. М., 1937; *Ломоносов М.В.* Первые основания металлургии или рудных дел. СПб., 1763. Особым успехом пользовалась книга о плавке металла И. Шлаттера. Цена ее была высокой, тем не менее она по специальным спискам распространялась на все медеплавильные заводы (ГАСО. Ф. 24. Оп. 1. Д. 2203. Л. 80–156).

- ² ГАСО. Ф. 24. Оп.1. Д. 875. Л. 575; Д. 882. Л.14–15; Д. 2329. Л. 48–80. Так, уральский инженер Н.А. Гладков в 70-х гг. XVIII в. перевел сочинение немецкого металлурга Иона Генриха Готтлиба Иуста «Как выгоднее на медеплавильных заводах проплавлять медные руды» и широко применял его опыты.
- ³ См.: *Герман И.Ф.* Естественная история меди. СПб., 1791; *Он же.* Сочинение о горных рудниках и заводах. [Рукопись. Хранится в Петербургском горном институте].
- ⁴ См. об этом: Опыты на Выйском медеплавильном заводе г. Демидова за 1865 и 1866 годы // Горный журнал. 1868. № 51; *Алексеев Н.* Об очистке черновой меди в Нижнетагильском заводе // Горный журнал. 1867. № 53; *Белоусов М.* Медная плавка на Урале и на Юге России // Горный журнал. 1879. № 4 и др.
- ⁵ См.: Естественные производительные силы России. Пг., 1917. Т. 4. С. 6–7.
- ⁶ См.: *Кашиинцев Д.А.* История металлургии Урала. М.; Л., 1937. С. 166, 199, 203.
- ⁷ См.: *Кузнецов Н.* Сравнительные результаты работ порохом и динамитом в Турьинских медных рудниках Богословского округа // Горный журнал. 1875. № 50. С. 93.
- ⁸ См.: *Фирсов В.Я., Мартынова В.Н.* Медь Урала. Екатеринбург, 1995. С 90–92.
- ⁹ ГАСО. Ф. 24. Оп. 32. Д. 141. Л. 27.
- ¹⁰ Там же. Л. 41.
- ¹¹ Там же. Л. 61.
- ¹² Там же. Л. 64.
- ¹³ ГАСО Ф. 24. Оп.19. Д. 536. Л. 86–98.
- ¹⁴ Там же. Д.1383. Л. 176–177.
- ¹⁵ Там же. Л. 261.
- ¹⁶ *Бакланов Н.Б.* Техника металлургического производства XVIII века на Урале. М.; Л., 1935. С. 87.
- ¹⁷ *Белоусов М.* Медная плавка на уральских заводах // Горный журнал. 1878. № 60. С. 232–233.
- ¹⁸ РГИА. Ф. 37. Оп. 3. Л.1–27.
- ¹⁹ *Фирсов В.Я., Мартынова В.Н.* Указ. соч. С. 88.
- ²⁰ *Грудзинский Л.М.* О рафинировании меди // Горный журнал. 1906. № 39. С. 197.
- ²¹ См.: *Фирсов В.Я., Мартынова В.Н.* Указ. соч. С. 101–102.
- ²² См.: *Земницкий И.Н.* Извлечение меди из руд электролизом // Горный журнал. 1912. № 36. С. 36.
- ²³ *Грудзинский Л.М.* Указ. соч. С. 197.
- ²⁴ См. об этом: *Селянкин М.А.* Краткие сведения о медных заводах Южного Урала и бывших Казанской и Вятской губерний [Рукопись] // Архив «Унипромедь». Б. н. Т. 1. С. 45.
- ²⁵ ГАСО. Ф. 24. Оп. 19. Д. 536. Л. 98.
- ²⁶ См.: *Селянкин М.А.* Указ. соч. С. 53.
- ²⁷ См.: *Белоусов М.Д.* Медная плавка на уральских заводах. С. 246.

- ²⁸ ГАСО. Ф. 24. Оп.32. Д. 580. Л. 166.
- ²⁹ Влиянию топливной базы на усовершенствование металлургического процесса посвящены работы Н.М. Лушниковой (См., например: Вопросы истории Урала. Свердловск, 1970. Сб. 11. С. 96–100).
- ³⁰ ГАСО. Ф. 43. Оп. 2. Д. 1346. Л. 144.
- ³¹ Там же. Л. 1–336; Д. 1716. Л. 1–33.
- ³² См.: Медное дело в некоторых заводах России // Горный журнал. 1906. № 43. С. 150.
- ³³ Селянкин М.А. Указ. соч. С. 101.
- ³⁴ Там же. С. 100.
- ³⁵ Там же.
- ³⁶ Брейтерман А.Д. Медная промышленность России и мировой рынок. Пг., 1922. Ч. 1. С. 67.
- ³⁷ См.: Селянкин М.А. Указ. соч. С. 101.
- ³⁸ См.: Там же. С. 109.
- ³⁹ См.: Фирсов В.Я., Мартынова В.Н. Указ. соч. С. 103.
- ⁴⁰ См.: Там же. С. 104.
- ⁴¹ Современное положение медного дела в России // Горный журнал. 1913. № 1. С. 203.
- ⁴² Селянкин М.А. Указ. соч. С. 104.
- ⁴³ Фирсов В.Я., Мартынова В.Н. Указ. соч. С. 110.
- ⁴⁴ Современное положение... С. 207.